

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Übersetzung der  
**europäischen Patentschrift**

87 EP 0 587 710 B1

10 **DE 692 16 230 T 2**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 M 10/28**  
H 01 M 10/04  
H 01 M 2/12  
H 01 M 4/24  
H 01 M 4/80

DE 692 16 230 T 2

21	Deutsches Aktenzeichen:	692 16 230.5
86	PCT-Aktenzeichen:	PCT/FR92/00528
86	Europäisches Aktenzeichen:	92 912 267.9
87	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 92/22936
86	PCT-Anmeldetag:	12. 6. 92
87	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	23. 12. 92
87	Erstveröffentlichung durch das EPA:	23. 3. 94
87	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	27. 12. 96
47	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	10. 7. 97

30 Unionspriorität: 32 33 31  
13.06.91 FR 9107491 26.03.92 FR 9203927

73 Patentinhaber:  
Laboratoires Sorapec, Fontenay-sous-Bois, FR

74 Vertreter:  
Patentanwälte Ostriga, Sonnet & Wirths, 42275  
Wuppertal

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LI, LU, MC,  
NL, SE

72 Erfinder:  
BRONOEL, Guy, F-78000 Versailles, FR; BUGNET,  
Bernard, F-01630 Saint-Genis-Pouilly, FR; BESSE,  
Serge, F-94200 Ivry-sur-Seine, FR; TASSIN, Noelle,  
F-94120 Fontenay-sous-Bois, FR

5344723

54 ALKALI-AKKUMULATOR MIT BIPOLARER ELEKTRODE UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 16 230 T 2

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Alkali-Akkumulator mit bipolaren Elektroden, insbesondere einen Nickel-Cadmium- oder Nickel-Hydrid-Akkumulator, und Verfahren zur Herstellung eines solchen Akkumulators.

Die Bildung einer Serienschaltung elektrochemischer Zellen zur Herstellung einer Akkumulatorenbatterie erfolgt in der Regel durch Verbindung aller Kopfen-  
den der Elektrodenplatten einer Polarität mit allen  
Kopfenden der Elektrodenplatten entgegengesetzter Polarität im angrenzenden Element.

Diese Verbindung kann entweder außerhalb des Gehäuses von jedem Element erfolgen, oder günstiger noch durch die Zwischenwand von zwei aneinander angrenzenden Elementen hindurch, wobei die Länge der Verbindung und damit die ohmschen Verluste auf ein Minimum reduziert werden.

Es ist bemerkenswert zu beobachten, daß bei elektrochemischen Zellen, aus denen nicht herkömmliche Elektrolyseure oder Generatoren wie die Brennstoff-Elemente bestehen, für den Fall, daß die Spannungen des ganzen Systems hoch sind ( $>20$  V), die serienmäßige Anordnung der Zellen häufig durch eine sogenannte frontale Sammlung erreicht wird, wobei die bipolaren Elektroden die Zwischenwand zwischen zwei Elementen bilden. Diese Anordnung ermöglicht eine gleichmäßige Abführung der Ladungen und vermeidet die Verwendung von Verbindungen zwischen den Elektroden.

Es wäre interessant, dieses wohlbekannte Prinzip der Sammlung durch bipolare Elektroden im Falle von Alkalielektrolyt-Batterien und vor allem im Falle von Nickel-Cadmium- oder Nickel-Hydrid-Akkumulatoren anzu-  
5 wenden. Bei diesem Generatortyp bestehen die zu lösenden Probleme im Falle einer bipolaren Sammlung einerseits darin, daß, um ein Maximum an kapazitiver Leistung zu erreichen, die aktive Masse in ein dreidimensionales Netz eingebaut werden muß, und andererseits in  
10 der Qualität der zwischen den vorstehend genannten dreidimensionalen Kollektoren und der leitenden bipolaren Wand herzustellenden Verbindung. Außerdem ist es für den Erhalt gehobener Massencharakteristik geboten, daß die Massen der dreidimensionalen Kollektoren und  
15 des bipolaren Kollektors auf ein Minimum reduziert werden. Um möglichst niedrige Herstellungskosten zu erreichen, wäre es wünschenswert, die bipolare Elektrode nach einem einfachen Verfahren herstellen zu können.

20 Es ist gerade das Ziel dieser Erfindung, für die oben erwähnten Zwänge eine Lösung zu finden unter Berücksichtigung der gelegentlich gegeneinander gerichteten Parameter.

25 Die Erfindung bezieht sich auf eine bipolare Elektrode für Alkali-Akkumulatoren mit Eigenschaften, wie sie im Oberbegriff des Anspruchs 1 erwähnt werden. Die Erfindung bezieht sich vor allem, aber nicht ausschließlich, auf einen Nickel-Cadmium- oder Nickel-  
30 Hydrid-Akkumulator, in dem die serienmäßige Anordnung der Elemente durch leitende Zwischenwände der bipolaren Elektroden sichergestellt wird, auf die beidseitig vor-

zugsweise eine dreidimensionale Struktur aus Nickelschaum oder -filz aufgebracht ist, welche die Sammlung der Ladungen und die Fixierung der aktiven Masse, mit der sie ausgefüllt ist, gewährleistet.

5

Mit "Nickelschaum" oder "Nickelfilz" bezeichnet man im weiteren Verlauf dieser Patentschrift eine Struktur mit zahlreichen Zwischenräumen, hergestellt aus reinem Nickel oder einer nickelreichen Legierung.

10 Ein Schaum weist eine wabenförmig vernetzte Struktur auf, während ein Filz aus einem Gewirr miteinander verflochtener Fasern besteht.

Um die Masse der Zwischenwand der bipolaren Elektrode auf ein Minimum zu reduzieren, besteht diese vorzugsweise aus einer Folie oder einem dünnen Band, zum Beispiel in einer Dicke zwischen 20 und 200 $\mu$ , vorteilhafterweise etwa 50 $\mu$ , aus Nickel oder weichem, beidseitig vernickeltem Stahl.

20

Vom Standpunkt der Elektronenleitung müßte die Dicke der leitenden Zwischenwand vorzugsweise so dünn wie nur möglich sein, vorausgesetzt daß sie eine einwandfreie Abdichtung zwischen den in den Elementen vorhandenen Elektrolyten gewährleistet, die sie voneinander trennt. In der Realität wird die gewählte Dicke vorgegeben einerseits durch die Zwänge, die mit ihrer Handhabung und den verschiedenen Arbeitsgängen verbunden sind, deren Objekt sie im Verlauf des Herstellungsprozesses der gesamten bipolaren Elektrode sein wird, und andererseits durch den hohen Preis, den eine ganz dünne Membran haben kann.

30

Die Masse des Nickels, aus dem das Netz von auf die Zwischenwand aufgebrachtem Schaum oder Filz besteht, kann unter Berücksichtigung der durch dieses bipolare System gesicherten Form der frontalen Sammlung auf ganz niedrige Werte gesenkt werden. Umgekehrt muß beim herkömmlichen Zusammenbau von Elektroden, besonders von großdimensionierten (Oberfläche  $>1 \text{ dm}^2$ ), die flächenbezogene Masse des verwendeten Schaumes oder Filzes über einem Mindestwert von  $400 \text{ g/m}^2$ , generell in der Größenordnung von  $500 \text{ g/m}^2$  liegen, damit der ohmsche Spannungsabfall im Schaum oder Filz vernachlässigbar klein wird.

Die Fig. 1 und 2 (die letztere wird später im einzelnen noch näher beschrieben) verdeutlichen den Unterschied zwischen der herkömmlichen Abführung der Ladungen und der frontalen Sammlung. Im Falle herkömmlicher Sammlung müssen die in allen Bereichen der Elektrode entstandenen Ladungen zum Verbindungspunkt (T) am Kopf der Platte gelangen. Auf diese Weise müssen die in Frage kommenden Ladungen im Bereich (E) der Elektrode eine ganz erhebliche Distanz (zum Beispiel 20 cm) zurücklegen. Dagegen sind im Falle der frontalen Sammlung die Ladungen an allen Punkten der Elektrode von der gleichen Laufstrecke betroffen, die größenordnungsmäßig der Dicke der Elektrode entspricht, in der Regel also 0,3 bis 3 mm, typischerweise 1 mm. Darüber hinaus verteilt sich die Sammlung auf die gesamte Elektrodenoberfläche; es gibt keine Anhäufung von Ladungen im oberen Teil. Bezüglich der Leitung könnte die flächenbezogene Masse des Elektronenkollektors ohne Nachteile

auf einen Wert von  $0,2 \text{ g/m}^2$  gesenkt werden. Tatsächlich sind es hier noch die vom Schaum- oder Filzkollektor geforderten mechanischen Eigenschaften, die für seine Masse höhere Werte vorschreiben. Vom Standpunkt der Gewichtsreduzierung könnte eine vorteilhafte Lösung in der Verwendung von Schaum bestehen, dessen innere Armierung aus einem unter den Arbeitsbedingungen der Elektrode stabilen, oberflächlich mit einer dünnen Nickelschicht überzogenen Polymerisat besteht (Polypropylen, Polyäthern ...). Unter Berücksichtigung der Schwierigkeiten, anschließend eine gute elektrische Verbindung zwischen Schaum und bipolarer Wand herzustellen, erweist sich diese Lösung jedoch nicht als die vernünftigste.

15

Unter diesen Bedingungen sollte man Nickelschäumen oder -filzen mit einer flächenbezogenen Masse zwischen  $20$  und  $300 \text{ g/m}^2$ , vorteilhafterweise zwischen  $50$  und  $250 \text{ g/m}^2$ , und einer Dicke zwischen  $0,5$  und  $5 \text{ mm}$  den Vorzug geben.

20

Die Wahl des Porendurchmessers erfolgt in Abhängigkeit von der Art der Einbringung der aktiven Masse in die Zellen, von der Viskosität der aktiven Masse (im Falle einer mechanischen Pastierung) und von ihrer Eigenleitfähigkeit. Was diesen letzten Punkt betrifft, so können die Zellen für die negative Ladung vorteilhafterweise größer sein (ihre Leitfähigkeit ist besser als die der positiven) als die für die positive Ladung. In nahezu allen Fällen liegt der mittlere Durchmesser der Poren im Falle eines Schaums bei  $0,5$  bis  $0,2 \text{ mm}$  (Schäume von ppi 45 bis ppi 100).

30

A priori würde sich der Rückgriff auf eine Struktur, die gleichzeitig die Ladungen sammelt und die aktive Masse festhält, nicht aufdrängen, wenn die Dicke der auf die Zwischenwand aufgetragenen aktiven Masse gering ist (einige Zehntel mm). Dennoch hat man festgestellt, daß in diesem Fall der Massengewinn im Vergleich mit der herkömmlichen Form der Sammlung unbedeutend wenn nicht gar negativ wäre, wobei das Gewicht der bipolaren Wand von gleicher Größenordnung oder größer als das Gewicht der aktiven Masse ist, die mit ihr verbunden ist. Es wird deshalb im Zuge einer vorteilhaften Vorgehensweise die Herstellung von bipolaren Elektroden empfohlen, deren effektive flächenbezogene Kapazität größer ist als  $30 \text{ mAh/cm}^2$ , zum Beispiel in der Größenordnung von  $40 \text{ mAh/cm}^2$  liegt. Bei flächenbezogenen Kapazitäten über  $60 \text{ mAh/cm}^2$  kann man, wenn die Porosität der Elektroden nicht besonders groß ist, tatsächlich eine Verminderung der durchschnittlichen kapazitiven Leistung bei der aktiven Masse feststellen aufgrund eines zu großen Gradienten des lokalen Potentials, das im Elektrolyten, mit dem der Porenraum der Elektroden getränkt ist, ermittelt wird.

Im Falle eines Schaumes beträgt die anfängliche Dicke des Nickelschaums vor der Pastierung für eine flächenbezogene Kapazität in der Größenordnung von  $40 \text{ mAh/cm}^2$  vorzugsweise 2 bis 2,5 mm.

An dieser Stelle sollte man darauf hinweisen, daß die Herstellung von Batterien aus bipolaren Elektroden, zum Beispiel Ni-Cd- oder Ni-Hydrid-Paare, mehrere Pro-

bleme aufwirft, von denen einige von der Zwischenwand der bipolaren Elektrode oder ihrer Einrichtung bedingt sind. Die Zwischenwand der bipolaren Elektrode ist elektronisch leitend, da sie, wie weiter oben schon  
5 erwähnt, die Elektroden trägt; sie gewährleistet aber auch die Abdichtung zwischen zwei nebeneinander angeordneten Elementen.

Ein erstes Problem entsteht durch Druckunterschiede, die während des Betriebes zwischen verschiedenen Elementen auftreten können, wenn diese eine sog. säuredichte Batterie bilden. Diese Unterschiede können unter anderem ihre Ursache haben in der Existenz von unvermeidlichen Temperaturgradienten zwischen Elementen  
15 nahe bei den Endplatten, welche den Stapel abschließen, einerseits, und andererseits solchen, die sich in der Nähe der Mitte des Stapels befinden. Diese Unterschiede können ihre Ursache auch in unterschiedlichen elektrischen Kapazitäten haben bei den Elektroden, die in von-  
20 einander verschiedenen Elementen vorhanden sind. Wenn in einem Element ein außergewöhnlicher Überdruck entsteht, ist es zudem ratsam, daß dieser Druck aus Sicherheitsgründen einen vorher definierten Schwellenwert nicht übersteigt. In diesem Fall kann man sich  
25 vorstellen, daß für jedes Element ein Sicherheitsventil erforderlich ist. Die Dicke eines Elements ist jedoch gering, zum Beispiel zwischen 2,5 und 3,5 mm, und daher die Herstellung eines sehr klein dimensionierten Ventils schwierig und damit kostenintensiv.

30

Ein weiteres Problem bezieht sich auf die Ränder der Zwischenwände der bipolaren Elektroden, wo die Iso-

lierstruktur, die ein Element vom anderen trennt, fixiert ist. Ein in Erwägung zu ziehendes Mittel zur Sicherstellung der Abdichtung zwischen den Elementen besteht darin, auf den ganzen äußeren Umfang jeder

5 bipolaren Zwischenwand eine Polymerstruktur aufzugießen. Dieses Polymerisat muß ein Nichtleiter und unter den Anwendungsbedingungen stabil sein, das heißt in dem Temperatur- und mechanischen Belastungsbereich, dem es ausgesetzt werden kann, und in Gegenwart des verwendeten

10 Elektrolyten. Die Abdichtung zwischen zwei Elementen schließt selbstverständlich ein, daß eine gute Haftung zwischen dem Polymerisat und der leitenden Zwischenwand gewährleistet ist, aber auch, daß die Verbindung zwischen den Polymerstrukturen von zwei benachbarten

15 Elementen säuredicht ist; diese Verbindung kann durch Verschweißen, zum Beispiel durch lokales Schmelzen des Polymerisats sichergestellt werden.

Außerdem muß noch festgehalten werden, daß die

20 leitende Zwischenwand aus für die Entlastung des Generators verständlichen Gründen in der Regel sehr dünn ist, wie dies weiter oben schon angesprochen wurde. Eines der für die Batterie schädlichen Ereignisse, die eintreten können, resultiert daraus, daß die Steigerung

25 des Innendrucks in einem Element in Verbindung mit einer Temperaturerhöhung durch Druck auf den Innenrand der Polymerstruktur deren Ablösung von der leitenden Zwischenwand hervorrufen kann.

30 Gemäß der Erfindung besteht die bipolare Elektrode aus einer leitenden Zwischenwand, die in einem von der aktiven Masse freien Bereich von mindestens einer Öff-

nung durchbohrt ist, die es gestattet, die in Serie angeordneten Elemente über die gasförmige Umgebung miteinander zu verbinden; diese Öffnung gestattet jedoch nicht den eventuellen Durchtritt des Elektrolyten von  
5 einem Element ins andere.

Mit dem "von der aktiven Masse freien Bereich" bezeichnet man im weiteren Verlauf der Beschreibung den Teil der Zwischenwand, der nicht von den Elektroden  
10 bedeckt ist, und der selbstverständlich nicht zum Rand oder den Bereichen, das heißt der Zone gehören darf, die dazu dient, die bipolare Elektrode im Innern der Akkumulatorenbatterie an ihrem Platz festzuhalten, und die in die Isolierstruktur eintaucht. Für eine Alkali-  
15 batterie ist es typisch, daß der in Frage kommende Bereich eine Breite zwischen 5 und 30 mm hat, ein Wert, der insbesondere von der Kapazität des Elementes und des Ladezustandes abhängt. Tatsächlich bestimmen diese beiden Faktoren das "tote" Volumen, das in jedem Ele-  
20 ment vorhanden sein muß, damit der Innendruck keinen übermäßig hohen Wert erreicht.

Mit anderen Worten, es sind ein oder mehrere kleine Öffnungen in der leitenden Zwischenwand angeord-  
25 net, um die Drücke auszugleichen. Ihre Abmessung muß so gewählt werden, daß bei einer maximalen Gasbildung am Ende der Aufladung in einem Element kein Druckunterschied zwischen diesem Element und seinen unmittelbaren Nachbarn entsteht. Die Zahl der Öffnungen beträgt vor-  
30 zugweise 1-4.

In dem Maße wie alle Elemente miteinander in Verbindung stehen, führt ein eventueller Überdruck in einem Element normalerweise nicht zu einem übermäßig hohen Druck in dem ganzen Stapel. Wenn der Druck in  
5 allen Elementen dazu neigt einen vorgeschriebenen Grenzdruck zu übersteigen, wird man trotzdem vorteilhafterweise ein oder mehrere Sicherheitsventile vorsehen, die sich öffnen, um den Druck auszugleichen. Diese Ventile befinden sich nicht mehr notwendigerweise auf  
10 den Elementen selbst, sondern vorzugsweise auf den Endplatten.

Man sollte jedoch das Risiko vermeiden, nebeneinander angeordnete Elemente mit Hilfe des Elektrolyten  
15 durch Öffnungen für die Verbindung der Elemente parallelzuschalten. Man muß darauf aufmerksam machen, daß grundsätzlich, selbst wenn die säuredichten Elemente in Betrieb sind, kein freier Elektrolyt in den Räumen, die nicht von den Elektroden und den zwischen den Elektroden  
20 vorhandenen Separatoren ausgefüllt werden, vorhanden ist; der Elektrolyt wird kapillar in die Poren der Elektroden und der Scheidewand eingeschlossen. Dennoch ist es immer möglich, daß ein alle Flächen benetzender Film weiterhin vorhanden ist. Um auch das Vorhandensein  
25 dieses Elektrolytfilms in der Verbindungsöffnung zu vermeiden, werden diese Öffnungen vorzugsweise wie folgt hergestellt.

In die leitende Zwischenwand wird ein Loch gebohrt  
30 mit einem Durchmesser in der Größenordnung von einigen Millimetern, zum Beispiel 2 - 5 mm. In dieses Loch wird anschließend ein Zylinder mit einem nur geringfügig

größeren Durchmesser gepreßt und dabei gestaucht, der zum Beispiel aus inertem Kunststoff wie etwa Polytetrafluorethylen oder jedem anderen beständigen und vorzugsweise hydrophoben Polymerisat besteht, mit einer  
5 Dicke, die größer ist als die der Zwischenwand. Dieser Zylinder wird vorher oder an Ort und Stelle in seinem Zentrum mit einem kleinen Loch mit einem Durchmesser von zum Beispiel 0,1 - 0,5 mm durchbohrt, durch das ein Draht, vorzugsweise aus Stahl, geschoben wird. Der  
10 Zylinder wird anschließend an seinen beiden Stirnflächen unter Bewahrung seines mittleren Teils gestaucht, wobei dieses Stauchen unter Hitze erfolgen kann. Wenn der Zylinder in die Zwischenwand gestaucht an seinem Platz ist, wird der Draht herausgezogen, wodurch eine  
15 Öffnung mit entsprechendem Durchmesser freigegeben wird. Diese Öffnung sorgt durch ihr zentrales Loch für die Verbindung der Atmosphären oder Gasräume von zwei nebeneinander angeordneten Elementen oder Kompartimenten und verhindert durch die hydrophoben Eigenschaften  
20 des verwendeten Kunststoffs, insbesondere Polytetrafluorethylen, das Auftreten eines zusammenhängenden Elektrolytfilms zwischen den beiden Elementen.

Als Variante kann man auf die Zwischenwand beider-  
25 seits des Loches eine Scheibe, zum Beispiel aus Polytetrafluorethylen oder einem anderen vorteilhafterweise hydrophoben Material wie oben erwähnt aufkleben, die ein zentrales Loch aufweist, dessen Durchmesser gleich oder etwas größer ist als der der Öffnung in der Zwischenwand. Das Polytetrafluorethylen muß selbstver-  
30 ständlich fest auf der Zwischenwand haften; um das zu erreichen, verwendet man einen unter den Betriebsbedin-

gungen der Batterie beständigen Kleber wie etwa ein Epoxyharz.

5 Als weitere Variante kann man das zentrale Loch verschließen, zum Beispiel wie vorstehend beschrieben mit Hilfe eines porösen oder semipermeablen Plättchens zum Beispiel aus mikroporösem Polytetrafluorethylen, das ebenfalls aufgeklebt wird.

10 Anders ausgedrückt, die Verbindungsöffnung oder -öffnungen in der Zwischenwand sind also mit einem Loch versehen und um dieses Loch herum mit einem vollständig durchbohrten, auf beiden Seiten der Zwischenwand angebrachten Wulst in beliebiger, zum Beispiel ringförmiger  
15 oder viereckiger Form. Das die Zwischenwand durchquerende Loch einerseits und die beiden in der Verlängerung durch die zwei Wülste hindurch gehenden Löcher andererseits können den gleichen Durchmesser haben, oder der kleinere Durchmesser ist vorzugsweise der des  
20 Loches in der eigentlichen Zwischenwand.

Von Vorteil ist es auch, wenn die Zwischenwand an ihrem äußeren Umfang noch zusätzliche Perforationen aufweist, die zugleich auch als Verankerungspunkte für  
25 die Isolierstruktur dienen, welche die nebeneinander angeordneten Zwischenwände an ihrem Platz festhält.

Bei dieser Variante weist die leitende Zwischenwand im Randbereich Perforationen auf, die beim Gießen  
30 oder Abformen der Isolierstruktur vom Polymerisat ausgefüllt werden und somit in dieses eingebettet sind. Auf diese Weise erreicht man ein besseres Verhaken der

polymeren Isolierstruktur auf der Zwischenwand und vermeidet damit jedes Risiko einer Ablösung.

5 Durchmesser und Abstand der Perforationen lassen sich in Abhängigkeit vom Druck, der im Element auftreten kann, von der Dicke der Zwischenwand und von der Haftung des Polymerisats auf dem Material, aus dem die Zwischenwand besteht, errechnen. Nur zur Information:  
10 die Perforationen können in einem Abstand von 2 - 6 mm von jedem Rand der Zwischenwand angebracht werden mit einem gleichmäßigen Zwischenabstand von 10 bis 60 mm. Ihr Durchmesser beträgt zum Beispiel 2 - 4 mm.

15 Die vorliegende Erfindung wird besser verstanden, wenn man die Einzelheiten bei der Ausführung, die folgenden Beispiele und die Zeichnungen im Anhang, die als nicht einschränkend zu verstehen sind, mit einbezieht. In diesen Zeichnungen:

20 - sind die Fig. 2 ein Schnitt 2a durch einen Akkumulator gemäß der Erfindung, beziehungsweise eine Frontansicht 2b eines Kollektors des gleichen Akkumulators; die Fig. 1 sind im Vergleich dazu die entsprechenden Ansichten 1a und 1b herkömmlicher Akkumulatoren;  
25 ren;

- ist die Fig. 3 die schematische Darstellung einer Stufe des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung bei der Pastierung der bipolaren Elektroden;

30

- ist Fig. 4 ein Schnitt durch eine andere Variante für den Aufbau des Akkumulators gemäß der Erfindung;
  - 5        - ist Fig. 5 die schematische Gesamtansicht im Schnitt einer Akkumulatorenbatterie gemäß der Erfindung;
  - 10       - stellt Fig. 6, wie bisher im Schnitt und detailliert, eine Ausführungsform der Öffnung dar, welche die leitende Zwischenwand der bipolaren Elektrode durchdringt;
  - 15       - entspricht Fig. 7 der Fig. 6 für eine andere Ausführungsform;
  - 20       - entspricht Fig. 8 der Fig. 6 bei einer weiteren Ausführungsform;
  - 25       - zeigt Fig. 9, ebenfalls im Schnitt, eine Perforation der leitenden Zwischenwand, eingebettet in die Isolierstruktur, und
  - 30       - entspricht Fig. 10 der Fig. 9 und zeigt in der Aufsicht die leitende Zwischenwand mit an ihrem äußeren Umfang angebrachten Perforationen für die Verankerung vor der Herstellung der Verbindungsöffnungen und dem Auftragen der aktiven Massen, die die positive und negative Elektrode bilden.
- Bei den Fig. 2 hat man drei Einheiten eines Akkumulators gemäß der Erfindung dargestellt mit negativen

10 und positiven Elektroden 20 (siehe auch Fig. 1), die  
wechselweise durch bipolare Kollektoren 30 und Separatoren  
40 voneinander getrennt sind. Die Elektroden  
haben dreidimensionale Strukturen. Die negativen Elek-  
5 troden sind aus Ni-Schaum mit einpastiertem  $\text{CdO}$  als  
aktiver Masse, während die positiven Elektroden 20 aus  
Ni-Schaum oder -Filz mit einpastiertem  $\text{Ni(OH)}_2$  sind.  
Bei den bipolaren Kollektoren 30 handelt es sich um  
Bänder aus Nickel oder vernickeltem Stahl, die mit  
10 dreidimensionalen, mit aktiver Masse gefüllten Struktu-  
ren belegt sind.

Die Separatoren 40, zum Beispiel aus einem gewöhn-  
lichen Vliesstoff, trennen die negativen von den posi-  
15 tiven Elektroden. Die Außenstruktur wird durch 45  
gekennzeichnet.

Die Herstellung der bipolaren Elektrode kann mit  
Hilfe eines der nachstehend beschriebenen Verfahren  
20 vorgenommen werden.

In einem ersten Verfahren gemäß der Erfindung wer-  
den die Seiten des bipolaren Kollektors (Folie aus ver-  
nickeltem Stahl) in einem ersten Arbeitsgang mit einer  
25 dünnen Schicht aus in einer wäßrigen Methylcellulose-  
Lösung (wäßrige Lösung mit 1 - 10 %, zum Beispiel 3 %  
Methylcellulose) dispergiertem Nickeloxid (in einer  
Konzentration von zum Beispiel etwa  $30 \text{ g/dm}^3$ ) besprüht.  
Die aufgetragene Masse, ausgedrückt in der Masse metal-  
30 lischen Nickels, liegt in der Größenordnung von 10 -  
 $100 \text{ g/m}^3$ .

Die so erhaltene Schicht muß nach dem Verdampfen des Wassers eine flächenbezogene Masse von weniger als vorzugsweise  $0,015 \text{ g/cm}^2$  aufweisen. Nach dem Aufsprühen und vor jeder Trocknung werden die oben erwähnten  
5 Nickel-Schäume auf den bipolaren Kollektor aufgebracht und dann fortwährend festgehalten, getrocknet und durch Erhitzen an der Luft auf  $500 - 700^\circ\text{C}$  für die Dauer von 1 - 10 Minuten einer Pyrolyse unterzogen.

10 Das Ganze kann anschließend noch für die Dauer von 1 - 10 Minuten auf  $900 - 1300^\circ\text{C}$ , zum Beispiel zwischen  $1000$  und  $1100^\circ\text{C}$ , in reduzierender Atmosphäre (zum Beispiel Stickstoff-Wasserstoff aus der  $\text{NH}_3$ -Spaltung) erhitzt werden.

15 Am Ende dieser Wärmebehandlung haftet jeder Schaum gut auf der Folie, aus der der bipolare Kollektor besteht, dadurch daß der Schaum mit der vernickelten Folie verschweißt ist.

20 Für die Verbindung zwischen den dreidimensionalen Kollektoren und dem bipolaren Kollektor kann ein anderes Verfahren gemäß der Erfindung herangezogen werden, das aus einem punktförmigen Schweißen der Filze  
25 oder Leichtschäume auf den bipolaren Kollektor besteht. In solchen Fällen verfährt man in der Weise, daß die Schweißpunkte gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt sind, und daß die durch den Druck aufgrund des Schweißens neutralisierte Fläche nicht mehr als 5 % der  
30 sichtbaren Fläche des Kollektors ausmacht.

Die kontinuierlich erfolgende Herstellung solcher bipolaren Elektroden kann dazu führen, daß man zum Beispiel das nachstehend beschriebene Verfahren anwendet, das es erlaubt, die anschließenden Arbeitsgänge besser durchzuführen, die darin bestehen, jede bipolare Elektrode säuredicht zu machen. Die Elektrolytabdichtung zwischen zwei nebeneinander angeordneten Elementen wird effektiv entweder durch Andrücken von Dichtungsmaterial auf den äußeren Umfang der beiden Seiten jeder bipolaren Elektrode erreicht, oder durch Abformen einer Umhüllung auf dem äußeren Umfang jeder Elektrode, bestehend aus einem Polymerisat, das in einem konzentrierten Alkalielektrolyt, zum Beispiel konzentrierter Kalilauge, beständig ist.

15

In beiden Fällen schließt dieser Arbeitsgang ein, daß die beiden Randbereiche der bipolaren Elektroden in einer Breite von größenordnungsmäßig 3 - 15 mm, zum Beispiel 5 mm, frei von aktiver Masse und so kompakt wie möglich sind. Zu diesem Zweck sind bei einem kontinuierlich durchgeführten Herstellungsverfahren drei Varianten möglich :

- die erste besteht darin, daß die Breite der auf die bipolare Wand aufgebrachten Schäume kleiner ist als deren Breite, wobei auf diese Weise zwei Seitenstreifen entstehen, die nicht von Schaum bedeckt sind. Darüber hinaus führt man am Ende der Wärmebehandlung eine quer dazu verlaufende Stauchung durch Zusammenpressen des Gebildes aus bipolarer Folie und beiden Schäumen durch, die in einer Breite darauf geschweißt sind, die der der seitlich freigelassenen Bereiche ent-

spricht; der Abstand zwischen diesen zusammengedrückten Streifen hängt von der gewählten Größe der Elektroden ab;

5        - eine zweite Variante besteht darin, daß man zunächst keine seitlichen Bereiche freiläßt und diese durch kontinuierliches Zusammendrücken zwischen zwei Scheiben am Ende der Wärmebehandlung erzeugt, wobei das Zusammendrücken der seitlichen Bereiche wie vorstehend  
10 beschrieben durchgeführt wird;

      - eine dritte Variante besteht darin, vorher passend zugeschnittene Schäume oder Filze auf den Kollektor aufzubringen, wobei man einen nicht abgedeckten  
15 Bereich am gesamten äußeren Umfang freiläßt.

Die Einarbeitung der aktiven Masse in die beiden Schaumkollektoren kann durch Pastierung mit einer relativ dünnflüssigen Mischung aus aktiver Masse in der  
20 Weise geschehen, daß das Eindringen der Paste in jeden Schaum vollständig und ohne übermäßiges Zusammendrücken des Schaumes erfolgt.

In einer zweiten Sequenz, wenn die pastierte Masse  
25 eingearbeitet ist, nimmt man eine teilweise Trocknung der inkorporierten Paste vor, danach eine Kompression der beiden pastierten Schäume und eventuell eine ergänzende Trocknung. Bei Ni-Cd-Akkumulatoren betragen die angewandten Kompressionskräfte vorzugsweise zwischen  
30 1000 und 2500 kg/cm<sup>2</sup>, und bei Ni-Hydrid-Akkumulatoren zwischen 2000 und 4000 kg/cm<sup>2</sup>.

Diese Pastierungen der bipolaren Elektrode können in vorteilhafter Weise gleichzeitig bei beiden Polaritäten mit Rollen und Druckwalzen durchgeführt werden, die auf beide Seiten des zentralen Kollektors einwirken, wie aus Fig. 3 ersichtlich ist.

Eine Folie 35 aus Nickel oder vernickeltem Stahl, auf die vorher beidseitig je nach Fall eine dreidimensionale Struktur aus Nickelschaum oder -filz aufgebracht wurde, läuft durch einen doppelten Fülltrichter mit aktiver Masse, nämlich  $\text{CdO}$  auf der Seite, welche die negative Elektrode werden soll, beziehungsweise  $\text{Ni(OH)}_2$  auf der Seite, welche die positive Elektrode werden soll. Die aktiven Massen, die in Form von Pasten vorliegen, füllen die dreidimensionalen Strukturen umso leichter aus, wenn sie dabei durch einen ersten Satz Walzen 60 hineingepreßt werden. Hinter diesen Walzen befindet sich eine Trocknungseinrichtung 70, danach wird die so gebildete bipolare Elektrode mit Hilfe eines zweiten Satzes Walzen durch Kompression in ihre endgültige Form gebracht 80.

Eine weitere Ausführungsform besteht darin, als dreidimensionalen Kollektor für die positive Elektrode einen Nickelfilz zu verwenden. Unter diesen Bedingungen wird dieser Filz entweder mit mechanischen Mitteln oder durch elektrochemische Imprägnierung aufgefüllt. Im letzteren Fall erfolgt dieser Arbeitsschritt bei dem auf die bipolare Wand fixierten Filz, wobei man vermeiden sollte, daß die elektrochemische Imprägnierung das dreidimensionale Trägermaterial der negativen Elektrode angreift. Danach nimmt man für die Dauer der Imprägnie-

rungsphase eine vorübergehende Maskierung der negativen Seite der bipolaren Elektrode vor. Diese Maskierungsoperation kann kontinuierlich ausgeführt werden, indem man sich der seitlichen Randbereiche des Kollektors für  
5 die Durchführung der Elektrolytabdichtung der beiden Seiten bedient.

Schlußendlich wird man sich merken, daß die Dimensionierung der Batterie, das heißt insbesondere die  
10 Bestimmung der Anzahl der Elemente vor der Bildung eines Blocks, und die Abmessungen der Elektroden unter Berücksichtigung der Bedingungen für den Wärmeaustausch (Abführung der Wärme in den zentralen Elementen) festgelegt werden müssen. Vom Standpunkt der Wärmeführung  
15 kann die Kühlung der Batterie entweder von den beiden großen Endflächen her erfolgen, oder auch von den Austauschflächen her, welche die bipolaren Kollektoren bilden können, wenn ihr Überstehen über die Abdichtungslinie des Blocks hinaus vorgesehen ist. In diesem  
20 Fall ordnet man, wie in Fig. 4 verdeutlicht wird, zwischen den Elementen aus dem Polymerisat (P), das die elektrische Isolierung sicherstellt und die äußere Hülle des Blocks bildet, und den Elementen aus dem gleichen oder einem anderen Polymerisat (P'), das für  
25 die Abdichtung zwischen den Elementen sorgt, für die Zirkulation einer Kühlflüssigkeit geeignete Kanäle (C) an. In dieser Fig. sind nur zwei Einheiten wiedergegeben, aber die Hinweiszahlen entsprechen denen in der Fig. 2.

30

Wie man jetzt anhand der Fig. 5 sehen kann, enthält die Akkumulatorenatterie 51 parallel nebeneinan-

der angeordnete Elektroden mit zwei Endplatten 52, welche die Batterie nach beiden Seiten abschließen. Eine der Endplatten trägt eine positive Elektrode, während die andere eine negative Elektrode trägt. Die Batterie  
5 wird mit einer Umhüllung aus Polymerisat verschlossen, die auch die Elektroden an ihrem Platz festhält, wobei man zwischen einem Oberteil, das als Deckel 53, und einem Unterteil, das als Boden 54 dient, unterscheidet.

10 Die anderen bipolaren Elektroden bestehen aus einer leitenden Zwischenwand 55, mit einer positiven Elektrode 56 auf der einen und einer negativen Elektrode 57 auf der anderen Seite. Die positive Elektrode 56 enthält zum Beispiel Nickelhydroxid als aktive  
15 Masse, und die negative Elektrode 57 zum Beispiel Cadmiumoxid als aktive Masse.

Mit 58 wird der von aktiver Masse freie Teil der Zwischenwand gekennzeichnet, in der schematisch eine  
20 Öffnung 59 dargestellt ist, welche die gasförmigen Umgebungen 60 der hintereinander angeordneten Elemente oder Kompartimente miteinander verbindet, und demzufolge für den gesamten Innenraum der Batterie 51 eine Verbindung herstellt. Jede Zwischenwand 55, die als  
25 Kollektor für die elektrischen Ladungen dient, enthält auch einen Teil 61, der in den Polymerstrukturen 53 und 54 steckt, die als Isolierung und Halterung dienen. Außerdem sind auf den beiden Endplatten 52 zwei Sicherheitsventile 62 schematisch dargestellt.

30

In Fig. 6 wird die Verbindungsöffnung 59 so dargestellt, daß zunächst in die Zwischenwand 55 ein Loch

101 für die Bördelverbindung für ein hydrophobes Stück Kunststoff 102 gebohrt wird, das am Anfang zylindrisch ist und einen geringfügig größeren Durchmesser hat. Dieses Stück, wenn es nicht schon mit einem zentralen  
5 Loch 103 durchbohrt ist, das einen deutlich kleineren Durchmesser hat, wird dann, wenn es einmal gebördelt ist, gestaucht, um ihm zum Beispiel die abgerundete Form zu geben, wie sie in der Fig. dargestellt wird.

10 In Fig. 7 besteht die Verbindungsöffnung aus dem durch die Zwischenwand 55 gebohrten Loch 111 und in der Verlängerung aus den zwei Löchern 114, wobei letztere einen größeren Durchmesser haben und durch Plättchen 112 hindurchgehen, die auf jede Seite der Zwischenwand  
15 55 geklebt sind.

Wie man aus Fig. 8 ersehen kann, wird das durch die Zwischenwand 55 gebohrte Loch 121 durch zwei mikroporöse Membranen verschlossen, die in diesem Fall auf  
20 zwei Plättchen 125 analog den Plättchen 112 in Fig. 7 geklebt werden, die selbst wiederum auf die Zwischenwand um das Loch 121 herum aufgeklebt werden.

In den Fig. 9 und 10 ist eine Zwischenwand vor der  
25 Verkleidung mit die Elektroden bildender aktiver Masse und vor dem Bohren der Verbindungslöcher wiedergegeben. Die Zwischenwand 55 enthält ringsherum am Rand eine Reihe von Perforationen 201, die sich bei der Herstellung der Isolierstruktur sofort mit dem Material fül-  
30 len, wie man aus Fig. 9 leicht erkennen kann. Auf diese Weise wird eine gute Verankerung der leitenden Zwischenwände in der Isolierstruktur erreicht.

Diese besondere Art der Ausführung kann bei allen Akkumulatortypen angewandt werden; man wird jedoch schnell verstehen, daß sie bei der Herstellung von säure-  
5 redichten Akkumulatoren von ganz besonderem Vorteil ist, wo Probleme mit dem Innendruck rasch von entscheidender Bedeutung sein können.

#### Beispiele 1 / Vergleichsbeispiele

10

Gemäß der vorstehend beschriebenen Methode stellt man bipolare Ni-Cd-Elektroden her mit einer Oberfläche von  $1 \text{ dm}^2$ .

15

Die verwendeten Schäume haben eine flächenbezogene Masse von  $1 \text{ g/dm}^2$ , und der bipolare Kollektor ist eine vernickelte Stahlfolie mit einer flächenbezogenen Masse von  $4,5 \text{ g/dm}^2$ . Daraus resultiert, daß der Kollektor als Ganzes ohne Ränder eine Masse von  $6,5 \text{ g/dm}^2 + 1 \text{ g/dm}^2$   
20 (Ni aus der Verbindung), also  $7,5 \text{ g/dm}^2$  hat im Vergleich zu monopolarer Elektroden, die mit Nickelschaum von  $6 \text{ g/dm}^2$  hergestellt werden; bei zwei Elektroden ohne die Plattenköpfe also mit einer Gesamtmasse von  $12 \text{ g/dm}^2$ .

25

Auf diese Weise erkennt man, daß beim aktiven Teil eines Ni-Cd-Akkumulators die durch Verwendung bipolarer Elektroden erreichte Gewichtsersparnis bei den Kollektoren 37 % beträgt.

30

Nach der Kompression hat diese bipolare Elektrode, deren flächenbezogene Kapazität auf der positiven Seite

38 mAh/cm<sup>2</sup> und auf der negativen 57 mAh/cm<sup>2</sup> beträgt, eine Gesamtdicke von 1,85 mm. Wenn man den Einsatz eines Separators erwägt, der nach der Montage eine maximale Dicke von 0,25 mm erreicht, dann stellt man fest, daß die Dicke eines Elements dann 2,1 mm beträgt bei einer Nutzkapazität von 38 mAh/cm<sup>2</sup>, also :

$$\frac{38 * 103 \text{ Ah}}{0,21 \text{ cm}^2} = 180 \text{ Ah/dm}^3$$

Da außerdem der Wirkungsgrad bei der aktiven Masse der positiven Elektrode im Bereich von 1 und bei der negativen Elektrode im Bereich von 0,88 liegt, resultiert daraus, daß die Masse des Akkumulatorkerns in diesem Fall 0,46 g/cm<sup>2</sup>, also etwa 83 Ah/kg beträgt im Vergleich zu den Eigenschaften des Kerns von Ni-Cd-Schaltungen, die auf herkömmliche Weise mit Schaumelektroden von 600 g/m<sup>2</sup>, also etwa 72 Ah/kg ausgerüstet wurden, ein Wert, der den schon als sehr leistungsstark bewerteten Ausführungen entspricht. Die Gewichtsersparnis beim Akkumulatorkern liegt in der Größe von 15 %.

Darüber hinaus kann man bei großdimensionierten Elektroden (zum Beispiel 5 dm<sup>2</sup>) zeigen, daß bei den vorgenannten Einsparungen eine Gewichtsreduzierung noch hinzukommt dadurch, daß die Masse der Plattenköpfe und Verbindungen zwischen zwei Elementen bei einer herkömmlichen Sammlung deutlich größer ist als die Masse, die beim Abdichtungsrand der bipolaren Kollektoren und den Endplatten der Batterie vorliegt.

Daraus resultiert schlußendlich eine Gewichtser-  
sparnis bei der Batterie als Ganzes zwischen 10 und 15  
%, wodurch es möglich ist, bei Ni-Cd-Batterien eine  
Massenenergie von ungefähr 70 Ah/kg bei mindestens 20  
5 in Serie angeordneten Elementen zu erreichen, ein Wert,  
der von der Anzahl Elemente abhängt, aus denen die Bat-  
terie besteht.

Solche Merkmale in Verbindung mit volumenbezogenen  
10 Eigenschaften, die denen von Batterien mit herkömmli-  
cher Sammlung weit überlegen sind, machen diese Akkum-  
ulatoren besonders leistungsfähig, zum Beispiel bei der  
Verwendung in der Raumfahrt und beim Antrieb von Elek-  
trofahrzeugen.

15

#### Beispiele 2 / Vergleichsbeispiele

Gemäß der vorstehend beschriebenen Methode stellt  
man bipolare Ni-Hydrid-Elektroden her mit einer Ober-  
20 fläche von  $1 \text{ dm}^2$ , in dem Fall bipolare Elektroden mit  
einer hydridfähigen Legierung aus  
 $\text{LaNi}_{3,55}\text{Al}_{0,3}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,75}$ .

Auch bei diesen Beispielen 2 haben die verwendeten  
25 Schäume eine flächenbezogene Masse von  $1 \text{ g/dm}^2$ , und der  
bipolare Kollektor ist eine Folie aus vernickeltem  
Stahl mit einer flächenbezogenen Masse von  $4,5 \text{ g/dm}^2$ .  
Daraus ergibt sich, daß der Kollektor als Ganzes ohne  
Randbereiche eine Masse von  $6,5 \text{ g/dm}^3 + 1 \text{ g/dm}^2$  (Nickel  
30 aus der Verbindung), also  $7,5 \text{ g/dm}^2$  hat im Vergleich zu  
monopolaren Elektroden, die mit Nickelschaum von 6

g/dm<sup>2</sup> hergestellt werden; bei zwei Elektroden ohne die Plattenköpfe also mit einer Gesamtmasse von 12 g/dm<sup>2</sup>.

Man stellt auch fest, daß beim aktiven Teil eines  
5 Ni-Hydrid-Akkumulators -die durch Verwendung bipolarer Elektroden erreichte Gewichtersparnis bei den Kollektoren 37 % beträgt.

Nach der Kompression hat diese bipolare Elektrode,  
10 deren flächenbezogene Kapazität auf der positiven Seite 38 mAh/cm<sup>2</sup> und auf der negativen 57 mAh/cm<sup>2</sup> beträgt, eine Gesamtdicke von 1,55 mm. Wenn man den Einsatz eines Separators erwägt, der nach der Montage eine maximale Dicke von 0,25 mm erreicht, dann stellt man  
15 fest, daß die Dicke eines Elements dann 1,8 mm beträgt bei einer Nutzkapazität von 38 mAh/cm<sup>2</sup>, also :

$$\frac{38 \cdot 10^3 \text{ Ah}}{0,18 \text{ cm}^2} = 210 \text{ Ah/dm}^3$$

20

Da andererseits der Wirkungsgrad bei der aktiven Masse der positiven Elektrode im Bereich von 1 und bei der negativen Elektrode im Bereich von 0,80 liegt,  
25 resultiert daraus, daß die Masse des Akkumulatorkerns in diesem Fall 0,49 g/cm<sup>2</sup>, also etwa 78 Ah/kg beträgt im Vergleich zu den Eigenschaften des Kerns der Ni-Hydrid-Schaltungen, die auf herkömmliche Weise mit Schaumelektroden von 600 g/m<sup>2</sup>, also etwa 68 Ah/kg aus-  
30 gestattet sind, ein Wert, der den schon als sehr leistungstark beurteilten Ausführungen entspricht. Die

Gewichtersparnis beim Akkumulatorkern liegt in der Größenordnung von 15 %.

5 Auch bei großdimensionierten Elektroden kommt eine Gewichtsreduktion zur vorstehend erwähnten Ersparnis hinzu bedingt dadurch, daß die Masse der Plattenköpfe und der Verbindungen zwischen zwei Elementen für eine herkömmliche Sammlung deutlich größer ist als die Masse, die beim Abdichtungsrand der bipolaren Kollektoren und den Endplatten der Batterie vorliegt.

15 Zum Schluß ergibt sich eine Gewichtersparnis bei der ganzen Batterie zwischen 10 und 15 %, wodurch es möglich ist, bei Ni-Hydrid-Batterien eine Massenenergie von ungefähr 66 Ah/kg bei mindestens 20 in Serie angeordneten Elementen zu erreichen, ein Wert, der von der Anzahl Elemente abhängt, aus denen die Batterie besteht.

20 Auch hier machen solche Merkmale in Verbindung mit volumenbezogenen Eigenschaften, die denen von Batterien mit herkömmlicher Sammlung gleichermaßen weit überlegen sind, diese Akkumulatoren besonders leistungsfähig zum Beispiel für Verwendungen in der Raumfahrt oder beim Antrieb von Elektrofahrzeugen.

## Patentansprüche

1. Bipolare Elektrode für einen Alkali-Akkumulator mit einer leitenden Zwischenwand (55), die auf jeder Seite mit einem aktiven positiven bzw. negativen Elektrodenmaterial versehen ist und von wenigstens einer Öffnung (59) durchsetzt ist, die es gestattet, die in Serie angeordneten Elemente über die gasförmige Umgebung zu verbinden, jedoch nicht den eventuellen Durchtritt des Elektrolyten vom einen Element zum anderen zuläßt, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung oder Öffnungen (59) in einem von dem aktiven Elektrodenmaterial freien Bereich (58) der leitenden Zwischenwand (55) ausgebildet sind.

15

2. Bipolare Elektroden nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung oder Öffnungen (59) die die Zwischenwand (55) durchsetzen, durch ein Loch (103) gebildet werden, um das herum auf jeder Seite der Zwischenwand (55) angesetzt eine durchgehend durchbrochene Überdicke eines hydrophoben Materials (102) angeordnet ist.

3. Bipolare Elektroden nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das die Zwischenwand (55) durchsetzende Loch einerseits und die beiden Löcher, die in Verlängerung die beiden Überdicken (102) durchqueren, andererseits denselben Durchmesser haben.

4. Bipolare Elektroden nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das durch die Zwischenwand (55) gehende Loch (111) einen kleineren Durchmesser hat als

die beiden Löcher (1 1 4), die in Verlängerung die Überdicken (1 1 2) durchqueren.

5 5. Bipolare Elektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Öffnungen (59) eins bis vier beträgt.

10 6. Bipolare Elektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Öffnungen (59) zwischen 0,1 und 0,5 mm beträgt.

15 7. Bipolare Elektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die leitende Zwischenwand (55) eine Folie aus Nickel oder vernickeltem Stahl aufweist, deren Dicke zwischen 20 und 200 Mikrometer beträgt.

20 8. Bipolare Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die aktiven Materialien in dreidimensionalen metallischen Strukturen, insbesondere Schaumstrukturen aus Nickel enthalten sind, die vor ihrer Füllung mit den aktiven Materialien eine Dicke zwischen 0,5 und 5 mm haben und deren flächenbezogene Masse zwischen 20 und 300 g/m<sup>2</sup> liegt.

25

30 9. Verfahren zur Herstellung einer bipolaren Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man in der leitenden Zwischenwand (55) wenigstens ein Loch (101) ausbildet, in das man einen Zylinder (102) aus hydrophobem Material einpreßt, daß man weiterhin das Zentrum des Zylinders mit einem Loch (103) versieht, durch das man eine Faser hindurchführt, daß man den an

seinen beiden Stirnflächen gebördelten Zylinder (102) unter Erhaltung seines mittleren Bereichs staucht und schließlich die Faser herauszieht.

5           10. Verfahren zur Herstellung einer bipolaren  
Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
man wenigstens ein Loch (111) in der leitenden Zwi-  
schenwand (5) ausbildet, daß man auf die Zwischenwand  
(55) beiderseits des Loches (111) eine Scheibe aus hy-  
10   drophobem Material (112) aufklebt, die ein zentrales  
Loch (114) aufweist, dessen Durchmesser gleich oder et-  
was größer als derjenige des durch die Zwischenwand se-  
henden Loches (111) ist.

15           11. Verfahren zur Herstellung einer bipolaren  
Elektrode nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß  
man das Loch verschließt, indem man dort auf beiden  
Seiten ein poröses oder semipermeables Plättchen (122)  
20   anklebt.

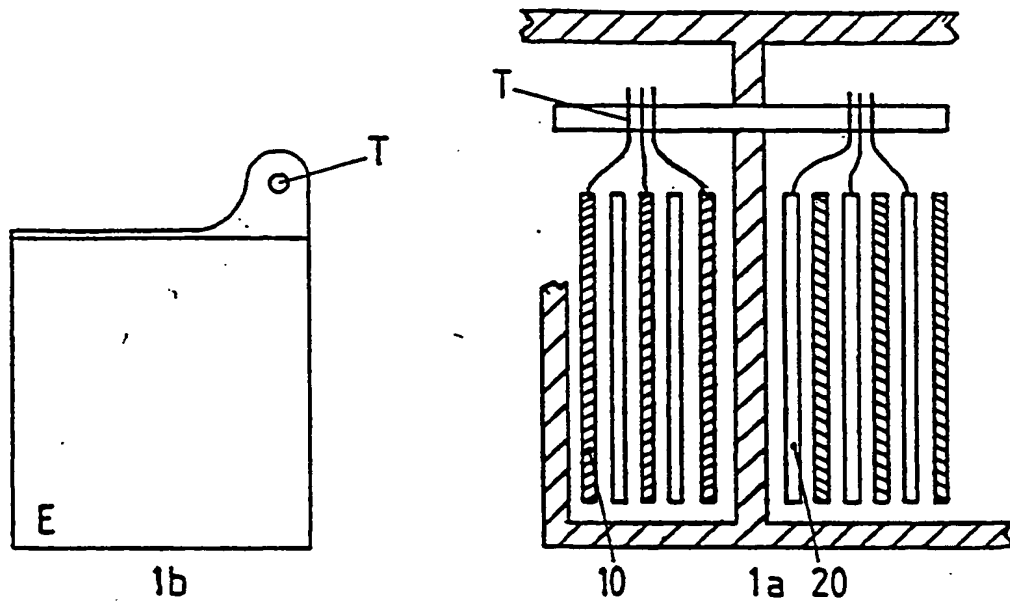


FIG 1

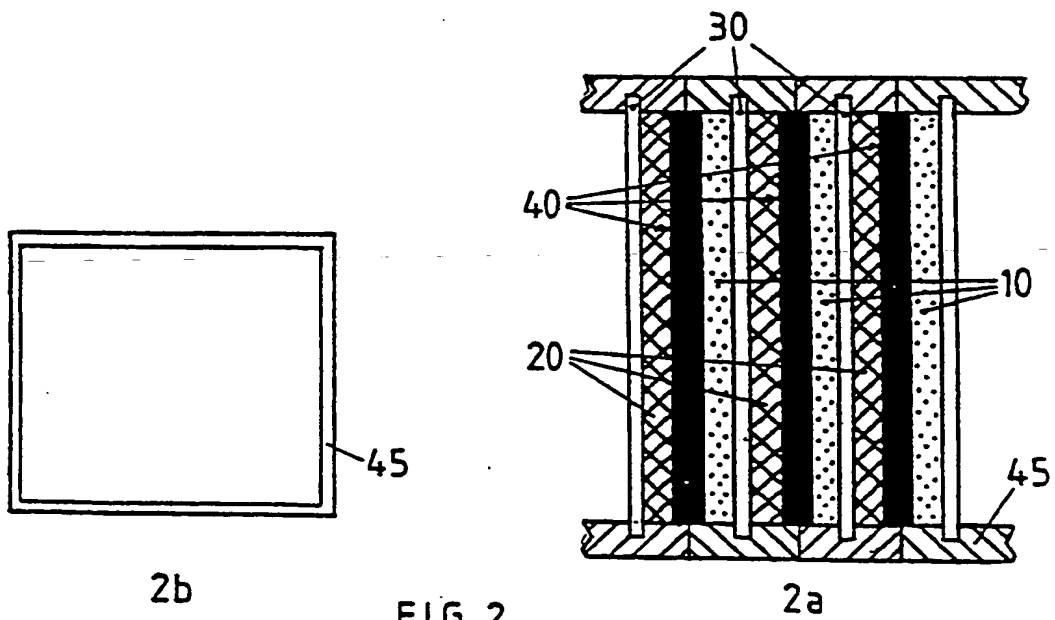
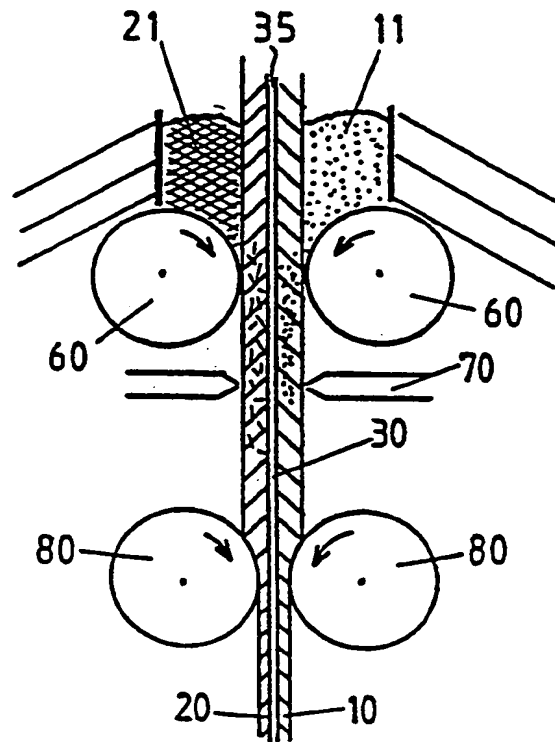
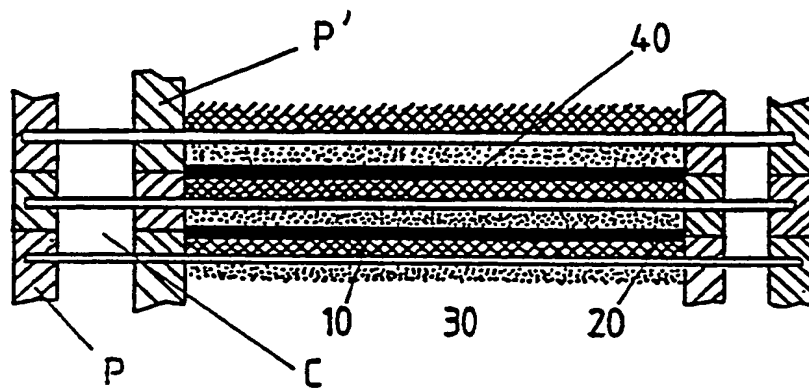


FIG 2

FIG 3

FIG 4

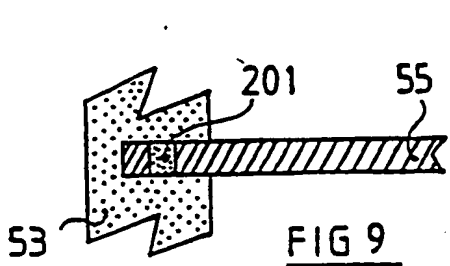


FIG 9

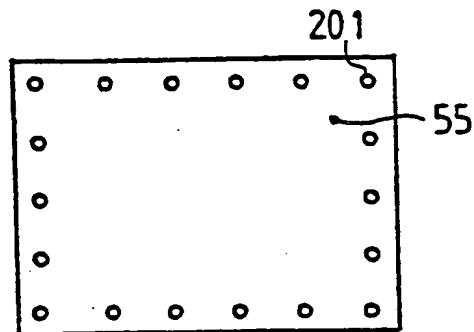


FIG 10

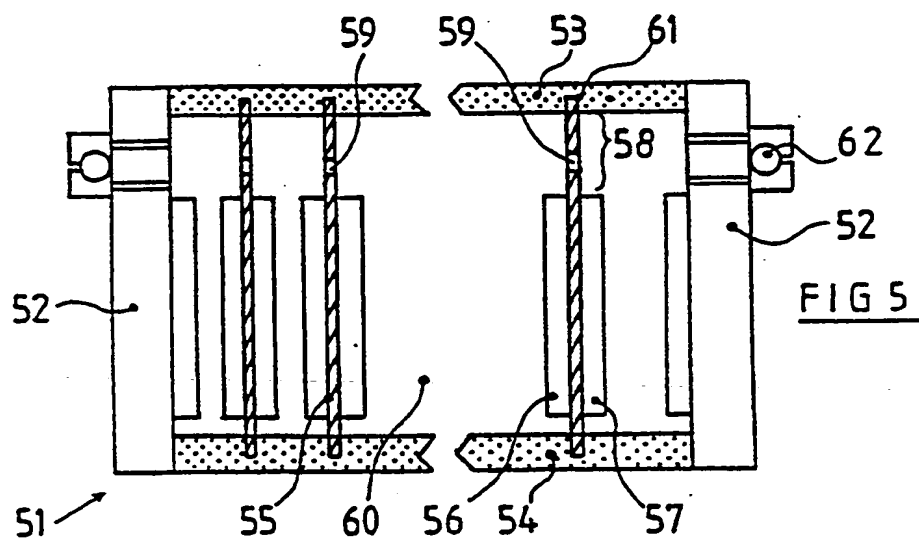
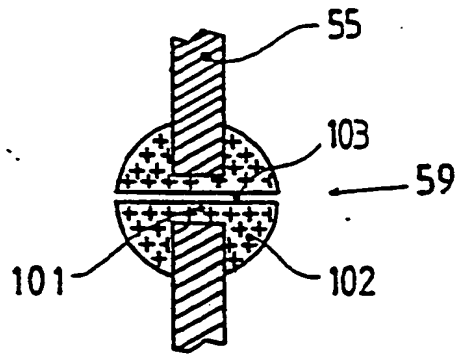
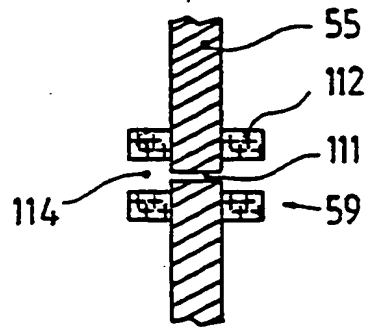
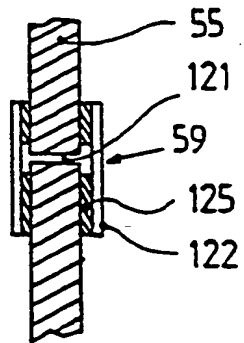


FIG 5

FIG 6FIG 7FIG 8